

TUGAS AKHIR
SIMULASI UJI KARAKTERISTIK GELEMBUNG PADA
***BUBBLING FLUIDIZED BED* DENGAN METODE**
COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS (CFD)



Diajukan Untuk Memenuhi Tugas Dan Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjana S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Surakarta

Disusun :

ARI PURNOMO

NIM : D.200.120.147

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul: **“SIMULASI UJI KARAKTERISTIK GELEMBUNG PADA BUBBLING FLUIDIZED BED DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS (CFD)”** yang dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 15 januari 2018

Yang menyatakan,



Ari Purnomo

D 200 120 147

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "**SIMULASI UJI KARAKTERISTIK GELEMBUNG PADA BUBBLING FLUIDIZED BED DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS (CFD)**" Telah disetujui oleh Pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Ari Purnomo

NIM : D.200.120.147

Disetujui pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 08 Februari 2018

Pembimbing

<



Nur Aklis, ST., M.Eng.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul berjudul “**SIMULASI UJI KARAKTERISTIK GELEMBUNG PADA BUBBLING FLUIDIZED BED DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS (CFD)**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Ari Purnomo

NIM : D.200.120.147

Disahkan pada

Hari : Kamis

Tanggal : 08 Februari 2018

Tim Penguji :

Ketua : Nur Aklis, ST, MEng.

Anggota 1 : Ir. H. Sarjito, MT, Ph.D

Anggota 2 : Ir. Tri Tjahjono, MT

Dekan



Ir. Sri Sunariono, MT., Ph.D.

Ketua Jurusan

Ir. H. Subroto, MT

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Bedasarkan surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah
Surakarta Nomor 150 / II / 2016 Tanggal 8 September 2016

Dengan ini :

Nama : Nur Aklis S.T.,M.Eng

Pangkat/jabatan : Asisten Ahli

Kedudukan : Pembimbing

Memberikan soal tugas akhir kepada Mahasiswa :

Nama : Ari purnomo

Nomor Induk : D 200 120 147

NIMR : -

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir

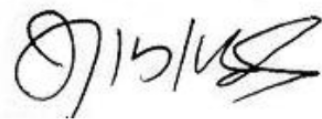
Judul/Topik : SIMULASI UJI KARAKTERISTIK GELEMBUNG
PADA BUBBLING *FLUIDIZED BED* DENGAN
METODE *COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS*
(CFD)

Rincian Soal/Tugas : Menganalisa perbandingan karakteristik aliran
Hidrodinamik dalam reaktor *fluidized bed*

Demikian soal tugas akhir dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana
mestinya.

Surakarta, 4 Januari 2017

Pembimbing



Nur Aklis S.T.,M.Eng

MOTTO

“Barang siapa menginginkan kebahagiaan didunia dan diakhirat
maka haruslah memiliki banyak ilmu”

(HR. Ibnu Asakir)

“Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantara
kamu dan orang-orang yang memiliki ilmu pengetahuan”

(Al-Mujadillah:11)

“Siapapun yang menempuh suatu jalan untuk mendapatkan ilmu,
maka Allah akan memberikan kemudahan jalannya menuju surga”

(H.R Muslim)

“Selesaikan dahulu kewajiban sebagai seorang pelajar sebelum kamu,
tebuai dengan kemalasan dan kesenangan yang akan menggumu”

(Penulis)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah, ucapkan atas rahmat, karunia dan keridhaan Allah SWT yang menggenggam dan penguasa seluruh jiwa ini. Berkat keridhaan-Nya karya ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan rasa syukur karya ini dipersembahkan untuk:

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Sono dan Ibu Painem yang telah mendidik dan membesarkan serta mengasuh dengan penuh kasih sayang, terimakasih atas segala yang telah diberikan. Semoga kedepannya saya mampu menjadi manusia yang bermanfaat dan dapat mewujudkan mimpi kalian.
2. Kedua adik saya tersayang Dwi Purmini dan Tri Ariyani, terima kasih atas doa, dukungan, motivasi, dan penyemangatnya.
3. Bapak Nur Akli yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberi bimbingan dalam Tugas Akhir ini.
4. Rekan-rekan Teknik Mesin dari berbagai angkatan, terima kasih atas *support* serta bimbingannya dalam mengerjakan simulasi.
5. Keluarga Mahasiswa Teknik Mesin (KMTM), seluruh anggota UKM Tae Kwon Do, sebagai tempat bagi menimba pengalaman selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2012, yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dan dukungannya selama menempuh masa studi, Sehingga saya menyelesaikan tugas akhir ini.

**SIMULASI UJI KARAKTERISTIK GELEMBUNG PADA *BUBBLING*
FLUIDIZED BED DENGAN METODE *COMPUTATIONAL FLUIDS*
DYNAMICS (CFD)**

Ari Purnomo, Nur Aklis
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura
e-mail : arypurnomo00@gmail.com

ABSTRAKSI

Fluidisasi adalah suatu fenomena berubahnya sifat suatu padatan dalam suatu reaktor menjadi bersifat seperti fluida dikarenakan adanya aliran fluida ke dalamnya baik berupa liquid maupun gas. Fluidisasi melalui reaktor yang kemudian disebut dengan *fluidized bed* merupakan sebuah wadah di dalamnya berupa partikel padat yang di aliri fluida dari bawah. Proses fluidisasi menunjukkan bahwa parameter geometri, diameter, jumlah lubang, jarak antar lubang serta susunan atau konfigurasi lubang pada gas distributor akan berpengaruh terhadap karakteristik gelembung yang di hasilkan. Berdasarkan keunggulan yang di miliki oleh fluidisasi, untuk mengetahui karakteristik hidrodinamik gelembung yang terbentuk didalam reaktor maka dilakukan proses simulasi.

Simulasi terhadap karakteristik fluidisasi dilakukan untuk mendapatkan visualisasi karakteristik gelembung udara dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Dalam metode CFD dapat digunakan untuk menentukan dimensi dan konfigurasi sistem di reaktor *Fluidized bed* mengenai pengaruh perbedaan jumlah lubang 3, 5, dan 7 pada distributor udara masuk 1 m/s, 2 m/s dan 3m/s terhadap karakteristik gelembung dengan menggunakan persamaan rumus dalam eksperimen. Hasil simulasi didapatkan ketika udara masuk ke bed berpengaruh terhadap ukuran diameter gelembung pada semua kecepatan semakin jauh jarak antara gelembung dengan distributor dan kecepatan udara yang masuk melewati *bed* tinggi memberi pengaruh terhadap ukuran diameter gelembung menjadi bertambah besar. Ukuran gelembung diameter simulasi setiap kecepatan mengalami kenaikan yang tidak menentu dan perhitungan diameter rumus, persamaan eksperimen gelembung pada setiap distributor mengalami kenaikan tanpa adanya penurunan. Perbandingan perhitungan diameter simulasi dan diameter rumus, persamaan eksperimen selisih hasil yang didapat relatif kecil. Kecepatan udara yang masuk dan jenis distributor berpengaruh terhadap kecepatan gelembung menunjukkan hasil yang berbeada-beda pada setiap distributor.

Kata kunci : Fluidisasi, *Fluidized Bed*, *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

ABSTRACT

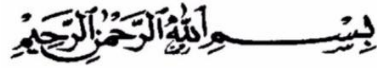
Fluidization is a phenomenon of changing the nature of a solid in a reactor to be fluid like because of the fluid flow into either in the form of liquid or gas. Fluidization through a reactor which is then called a fluidized bed is a container in it in the form of solid particles in the fluid from the bottom aliri. The fluidization process shows that geometry parameters, diameter, number of holes, the distance between holes and the arrangement or configuration of holes in the distributor gas will affect the bubble characteristics generated. Based on the advantages possessed by fluidization, to know the hydrodynamic characteristics of the bubbles formed in the reactor, a simulation process is performed.

Simulation of fluidization characteristic was done to get visualization of air bubble characteristic by using Computational Fluid Dynamic (CFD) method. In CFD method can be used to determine system dimension and configuration in Fluidized bed reactor on the effect of difference of number of holes 3, 5, and 7 on inlet air distributor 1 m/s, 2 m/s and 3 m/s to bubble characteristic using equation of formula in the experiment.

Simulation results obtained when the air entering the bed influences the size of the bubble diameter at all speeds the further the distance between the bubbles with the distributor and the speed of air entering through the high bed gives the effect on the size of the bubble diameter becomes larger. The size of the simulated diameter bubbles at each velocity has increased erratically and the calculation of the formula diameter, the bubble experimental equation on each disproportionate increases without any decrease. Comparison of calculation of simulation diameter and formula diameter, experimental equation of yield difference obtained is relatively small. The incoming air velocity and distributor type affect the bubble speed shows different results on each distributor.

Keywords : Fluidization, Fluidized Bed, Computational Fluid Dynamic (CFD).

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, semoga senantiasa dalam lindungan-Nya. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang dijadikan suri tauladan dalam kehidupan ini. Syukur Alhamdulillah penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi berjudul "SIMULASI UJI KARAKTERISTIK GELEMBUNG PADA BUBBLING FLUIDIZED BED DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUIDS DYNAMICS (CFD)" dapat terealisasi atas dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT, Ph. D, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Subroto, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Nur Aklis S.T.,M.Eng., selaku Pembimbing utama yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan saran hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Nur Aklis S.T.,M.Eng., selaku pembimbing akademik yang selalu memberikan masukan-masukan dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Ibu Taurista Perdana Sawitri, ST,M.Sc., yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dan pembelajaran mengenai skripsi ini, sehingga penulis dapat mencapai gelar sarjana S-1.

6. Djatmiko Herlambang S.T., rekan yang telah memberi ilmu dan pengalaman yang berharga selama pengerjaan simulasi.
7. Rekan seperjuangan tugas akhir simulasi, tim turbin angin (irfan, david dan danang) dan tim gasifikasi (putut, arifin, nur, shodiq, nurman, niko, deni, dan ican) yang saling membantu, memberikan saran dan menyemangati selama mengerjakan tugas akhir.
8. Teman-teman teknik mesin universitas muhammadiyah surakarta dari berbagai angkatan, khususnya TM 2012, 2013 atas pengalaman yang berharga selama kuliah.

Semoga amal baik semua pihak yang membantu dalam penyusunan skripsi ini mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Skripsi ini masih banyak kekurangan dalam penulisan, meskipun telah berusaha untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, 20 November 2017

Penulis



Ari Purnomo

D 200 120 147

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5

2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Fluidisasi.....	10
2.2.2 Karakteristik Fluidisasi.....	13
2.2.3 Kecepatan Minimum Fluidisasi	16
2.2.4 Parameter–Parameter Didalam Fluidisasi	17
2.2.5 Karakteristik Gelembung	22
2.2.6 <i>Computational Fluids Dynamics(CFD)</i>	24
2.2.7 <i>Governing Equation</i>	27
2.2.8 Prosedur Proses Simulasi	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.2 Alat.....	37
3.3 Tahapan Proses Simulasi	37
3.3.1 Pengukuran Dimensi dan Geometri.....	37
3.3.2 Simulasi Dengan <i>Computational Fluids Dynamic (CFD)</i> . 40	
3.3.3 <i>Pre-Processing</i>	40
3.3.4 <i>Solution</i>	47
3.3.5 <i>Result</i>	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1 Visualisasi Gelembung.....	49
4.1.1 Visualisasi Gelembung Distributor 3	49
4.1.2 Visualisasi Gelembung Distributor 5	51
4.1.3 Visualisasi Gelembung Distributor 7	53
4.2 Pembahasan Kecepatan Udara Terhadap Bentuk Karakteristik Ukuran Gelembung	54
4.2.1 Ukuran Vertikal dan Ukuran Horizontal Distributor 3	54
4.2.2 Ukuran Vertikal dan Ukuran Horizontal Distributor 5	57

4.2.3 Ukuran Vertikal dan Ukuran Horizontal Distributor 7	59
4.3 Perbandingan Hasil Gelembung Simulasi, Rumus Dan Persamaan Rumus Eksperimen	62
4.3.1 Distributor 3	62
4.3.2 Distributor 5	63
4.3.3 Distributor 7	65
4.4 Karakteristik Kecepatan Gelembung	66
4.4.1 Karakteristik Kecepatan Frame Gelembung Distributor 3	67
4.4.2 Karakteristik Kecepatan Frame Gelembung Distributor 5	68
4.4.3 Karakteristik Kecepatan Frame Gelembung Distributor 7	69
4.5 Perbandingan Hasil Kecepatan Gelembung Frame, Rumus Dan Persamaan Kecepatan Rumus Eksperimen	70
4.5.1 Distributor 3	70
4.3.1 Distributor 5	71
4.3.1 Distributor 7	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reaktor Nosel Dan Lubang	5
Gambar 2.2	Unggun Diam A dan Unggun Terfluidisasi B	10
Gambar 2.3	Fenomena Fluidisasi Dengan Variasi Laju Aliran Udara	11
Gambar 2.4	Kurva Karakteristik Fluidisasi Ideal	13
Gambar 2.5	Diagram Klasifikasi Partikel Geldart.	20
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	35
Gambar 3.2	Spesifikasi Komputer	37
Gambar 3.3	Geometry Distributor.....	39
Gambar 3.4	Model <i>Geometry</i> Di <i>Ansys</i>	41
Gambar 3.5	Variasi Tipe <i>Mesh</i>	43
Gambar 3.6	<i>Bondary</i>	44
Gambar 3.7	<i>setFiledDirct</i>	45
Gambar 3.8	Kecepatan <i>Inlets</i>	45
Gambar 3.9	<i>Timestep</i> Proses	46
Gambar 3.10	Diameter Pasir Dan Persamaan Yang Digunakan	46
Gambar 3.11	<i>Phase</i>	47
Gambar 3.12	Simulasi <i>Openfoam</i>	47
Gambar 3.13	Hasil Simulasi Menggunakan <i>Paraview</i>	48

Gambar 4.1 Visualisai Gelembung Distributor 3 Dengan Kecepatan	
udara Masuk 1 m/s.....	50
Gambar 4.2 Visualisai Gelembung Distributor 5 Dengan Kecepatan	
udara Masuk 1 m/s.....	52
Gambar 4.3 Ukuran Vertikal (a) Dan Ukuran Horizontal (b)	
Distributor 3	54
Gambar 4.4 Ukuran Total Gelembung Distributor 3.....	56
Gambar 4.5 Ukuran Vertikal (a) Dan Ukuran Horizontal (b)	
Distributor 5	57
Gambar 4.6 Ukuran Total Gelembung Distributor 5.....	58
Gambar 4.7 Ukuran Vertikal (a) Dan Ukuran Horizontal (b)	
Distributor 7	59
Gambar 4.8 Ukuran Total Gelembung Distributor 7.....	61
Gambar 4.9 Perbandingan Ukuran Gelembung Simulasi, Rumus Dan	
Eksperimen Distributor 3	62
Gambar 4.10 Perbandingan Ukuran Gelembung Simulasi, Rumus Dan	
Eksperimen Distributor 5.....	64
Gambar 4.11 Perbandingan Ukuran Gelembung Simulasi, Rumus Dan	
Eksperimen Distributor 7	65
Gambar 4.12 Karakteristik Kecepatan Gelembung Frame	
Distributor 3.....	67

Gambar 4.13 Karakteristik Kecepatan Gelembung Frame

Distributor 5..... 68

Gambar 4.14 Karakteristik Kecepatan Gelembung Frame

Distributor 7..... 69

Gambar 4.15 Perbandingan Kecepatan Gelembung Frame, Rumus Dan

Eksperimen Distributor 3..... 70

Gambar 4.16 Perbandingan Kecepatan Gelembung Frame, Rumus Dan

Eksperimen Distributor 5..... 72

Gambar 4.17 Perbandingan Kecepatan Gelembung Frame, Rumus Dan

Eksperimen Distributor 7..... 73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Sphericity</i> Dari Beberapa Material	18
Tabel 2.2	Nilai <i>bulk density</i>	22
Tabel 3.1	Jenis Distributor Udara Yang Digunakan	38
Tabel 3.2	Karakteristik <i>Mesh</i>	42